

Разработка методик испытаний электромеханических датчиков автомобилей, используемых для эксплуатации в регионах с жарким климатом

Б. А. Каюмов

Андижанский машиностроительный институт, г. Андижан, Республика Узбекистан;
e-mail: kayumov.bahrom74@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8810-2663>

Информация о статье Реферат

Поступила
в редакцию
24.10.2022;

получена
после доработки
31.10.2022

Ключевые слова:

автомобиль,
надежность,
долговечность,
работоспособность,
электромеханические
датчики,
методика испытаний,
технические требования

В настоящее время существуют различные методики испытаний автотранспортных средств и комплектующих частей, используемые разными автопроизводящими компаниями. Также методики приведены в регламентирующих документах ЕЭК ООН в области транспорта, но в них не учитываются особые условия эксплуатации автомобилей в различных регионах. В статье приведены дорожно-климатические условия Центральной Азии, которые отличаются своеобразными характеристиками. Исходя из особенностей эксплуатации автомобилей в жарких климатических условиях разработаны технические требования для электромеханических датчиков, которые должны обеспечить надежность работы комплектующих при пробеге не менее 250 000 км. Представлена методика проведения испытаний электромеханических датчиков автомобилей. Установлено, что для обеспечения нормальной работоспособности датчиков, эксплуатирующихся в жарком климате, необходимо проведение испытаний при номинальной температуре окружающей среды 45 ± 5 °С, на основе данного параметра выстроена методика испытаний. Все разработанные методики испытаний согласуются с действующими стандартами в области электромагнитных, электромеханических и других электрических параметров автомобильной отрасли. Приведены принципиальные схемы стендов для проведения испытаний. В статье отражена методика ускоренных испытаний на надежность, при которой температура является ускоряющим фактором. Испытания в полной мере отражают эксплуатационные характеристики движения автомобилей в условиях резко континентального климата с преобладанием высоких температур, а также с резкими перепадами температур. Номинальные параметры датчиков проверялись на соответствие установленным требованиям после каждого испытания. Сделаны выводы, отражающие результаты проведенных исследований.

Для цитирования

Каюмов Б. А. Разработка методик испытаний электромеханических датчиков автомобилей, используемых для эксплуатации в регионах с жарким климатом. Вестник МГТУ. 2022. Т. 25, № 4. С. 345–353. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2022-25-4-345-353>.

Development of test methods for electromechanical sensors of vehicles used for operation in regions with a hot climate

Bakhrom A. Kayumov

Andijan Machine-Building Institute, Andijan, Republic of Uzbekistan;
e-mail: kayumov.bahrom74@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8810-2663>

Article info

Received
24.10.2022;

received
in revised form
31.10.2022

Key words:

vehicle,
reliability,
durability,
workability,
electromechanical sensors,
test procedure,
technical requirements

Abstract

Currently, there are various methods of testing vehicles and its components used by different car manufacturing companies. Also, these methods are given in the UNECE regulatory documents in the field of transport, but these documents do not take into account the separate operating conditions of cars in different regions. In this regard, the paper presents the road and climatic conditions of Central Asia characterized by peculiar characteristics. Based on the climatic features of the operation in a hot region, technical requirements have been developed for electromechanical sensors of cars for operation in hot climatic conditions, which should ensure the reliability of these components when the car runs at least 250,000 km. The method of testing electromechanical sensors of cars has been presented. It is established that in order to ensure the normal operability of sensors operating in hot climates, it is necessary to conduct tests at a nominal ambient temperature 45 ± 5 °С. The test procedure is built based on this parameter. All developed test methods are consistent with current standards in the field of electromagnetic, electromechanical and other electrical parameters of the automotive industry. Schematic diagrams of stands for testing have been given. The paper reflects the methodology of accelerated reliability tests, in which the temperature is set as the accelerating factor. The tests fully reflect the operational characteristics of the movement of cars in a sharply continental climate with a hot slope of ambient temperature with sharp temperature changes. After each test, it is determined that the nominal parameters of the sensors are checked for compliance with the established requirements. Conclusions reflecting the results of the work carried out have been made.

For citation

Kayumov, B. A. 2022. Development of test methods for electromechanical sensors of vehicles used for operation in regions with a hot climate. *Vestnik of MSTU*, 25(4), pp. 345–353. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2022-25-4-345-353>.

Введение

В настоящее время изменение климата является одной из главных проблем для ООН и многочисленных организаций и форумов, занимающихся смягчением последствий этого изменения. Существует общее понимание необходимости наращивания потенциала стран для решения этой проблемы.

Ведущие компании – производители автомобилей – основное внимание уделяют вопросам повышения надежности автомобиля и его частей в процессе эксплуатации. Стоит отметить, что во всем мире используется более 1 млрд автомобилей, в развитых странах мира, таких как США, Япония, Германия, Франция, существует систематический мониторинг характеристик безотказности работы автомобилей. При этом основное внимание уделяется прогнозированию ресурса конструктивных элементов автомобиля и его эксплуатационной надежности, а также повышению конкурентоспособности. Использование автомобилей в различных дорожно-климатических условиях, как и обеспечение эксплуатационной надежности в отдельных климатических зонах, является проблематичным, так как некоторые регионы имеют специфические особенности эксплуатации.

В Узбекистане, наряду со многими другими странами, особое внимание уделяется эффективности работы транспортных средств и повышению показателей надежности, а также эксплуатации автотранспортных средств с повышенными качественными свойствами. Проводятся исследования по разработке методик испытаний комплектующих частей и в целом автомобиля для повышения надежности с использованием конструктивных решений при проектировании автомобиля (*Kshirsagar et al., 2022; Vargas et al., 2021*).

При конструировании и испытании автомобилей и их комплектующих одним из самых подходящих методов является DRBTR (Design Review Based on Test Results) – пересмотр базовой конструкции согласно результатов испытаний (*Каюмов и др., 2019*). Этот метод является одним из оптимальных вариантов при разработке комплектующих частей для различных климатических регионов со своеобразными характеристиками.

Центральная Азия имеет своеобразный – резко континентальный – климат, т. е. продолжительное и очень жаркое лето с короткой и холодной зимой. Характерной особенностью эксплуатации автомобилей в условиях Центральной Азии является высокая температура, низкое количество осадков, особенно следует отметить повышенную запыленность воздуха окружающей среды. Летом абсолютная максимальная температура воздуха в тени достигает +45–47 °С и падает до +10 °С ночью, колебание температуры достигает 25–30 °С. В горных районах, после сильной жары в 40–47 °С автомобиль проходит через горные перевалы и попадает в условия, когда температура атмосферного воздуха составляет всего 0–1 °С, т. е. перепад температуры может составлять 40–46 °С (*Таипулатов, 1990; Каюмов, 2021*). Запыленность атмосферного воздуха на значительной части территории Центральной Азии достигает 3,5 г/м³, а во время сильных ветров и бурь – 17 г/м³, что гораздо выше, чем запыленность воздуха в умеренной климатической зоне – 0,0003–1,4 г/м³. Для точного представления достаточно сказать, что при запыленности воздуха в 0,8–1,2 г/м³ видимость полностью теряется (*Каюмов и др., 2018; Каюмов, 2016*).

Цель исследований – разработка методики испытаний, которая обеспечивала бы долговечность выходных параметров независимо от влияния температуры для функционирования различных датчиков в условиях эксплуатации специфических дорожно-климатических условий Центральной Азии. Для этого авторами проведены обширные экспериментальные исследования в лабораторно-испытательной базе компании "УзАвтоМоторс", результаты которых аппроксимируются с полученными выходными параметрами первичных образцов, не подвергнутых испытаниям.

Материалы и методы

Разработанная методика испытаний распространяется на датчики, используемые в электронных системах управления двигателями автомобиля, а также в других системах. Датчики должны быть выполнены на основе полупроводникового тензорезистивного элемента и предназначены для преобразования получаемых входных параметров в линейно изменяющийся сигнал напряжения постоянного тока.

Первичные технические требования к датчикам остаются неизменными, т. е. испытываемые датчики должны соответствовать требованиям конструкторской документации с номинальными параметрами.

Номинальное напряжение питания датчика 5,1 В. Датчик должен быть работоспособным при напряжении питания от 4,85 до 5,25 В. Ток потребления при номинальном напряжении питания не более 10 мА. Режим работы датчика – продолжительный номинальный S1 по ГОСТ Р 52230¹. Диапазон рабочих температур от минус 40 до плюс 125 °С. Температура хранения – от минус 50 до плюс 150 °С. Предельное максимальное давление не более 600 кПа, предельное минимальное давление не менее 10 кПа. Сопротивление нагрузки датчика – не менее 50 кОм. Постоянная времени датчика при изменении выходного сигнала от 10 до 90 %, в диапазоне давлений от 15 кПа до атмосферного – не более 5 мс. Изменение давления в полости датчика не должно превышать 1,7 кПа за 30 с при давлении 20–30 кПа. Диапазон измеряемого

¹ ГОСТ Р 52230. Электрооборудование автотракторное. Общие технические условия. М., 2004.

абсолютного давления 15–102 кПа при 112,5–765 мм рт. ст. Зависимость выходного напряжения датчика от измеряемого давления и температуры окружающей среды следующая:

$$U_{\text{вых}} = (0,01059 \times P_{\text{абс}} - 0,10941) \times U_{\text{пит}}, \quad (1)$$

где $U_{\text{пит}}$ – номинальное напряжение питания 5,1 В; $P_{\text{абс}}$ – абсолютное давление, кПа.

Абсолютное давление $P_{\text{абс}}$ с учетом общей погрешности преобразования от давления (ΔP), температуры окружающей среды (K_T) и напряжения питания ($U_{\text{пит}}$) определяется в соответствии с табл. 1, 2 и вычисляется по выражению

$$P_{\text{абс}} = P_{\text{изм}} \pm (\Delta P K_T), \quad (2)$$

где $P_{\text{изм}}$ – измеряемое давление, кПа; ΔP – погрешность по давлению, кПа; K_T – коэффициент температурной погрешности.

Таблица 1. Допустимые пределы погрешности преобразования по давлению ΔP в зависимости от номинального значения измеряемого давления $P_{\text{ном}}$

Table 1. Permissible error limits for pressure conversion ΔP depending on the nominal value of the measured pressure $P_{\text{ном}}$

ΔP , кПа	$P_{\text{ном}}$, кПа
$\pm 1,5$	15
$\pm 1,5$	40
$\pm 1,5$	94
$\pm 1,5$	102

Таблица 2. Значения коэффициента температурной погрешности K_T в зависимости от температуры

Table 2. The values of the temperature error coefficient K_T depending on the temperature

K_T	T °C
3,0	минус 40
1,0	0
1,0	85
3,0	125

Значения допустимых пределов погрешностей преобразования от входных параметров, напряжения питания и коэффициента температурной погрешности в интервалах между указанными точками определяются линейной интерполяцией.

Выходное напряжение датчика в контрольных точках при температуре 23 ± 5 °C и $U_{\text{пит}} = 5,10 \pm 0,01$ В измеряется при давлениях $15,0 \pm 0,2$; $40,0 \pm 0,2$; $94,0 \pm 0,2$; $102,0 \pm 0,2$ кПа и должно соответствовать рассчитанному по формуле (1).

Степень защиты от проникновения внешних твердых предметов и воды IPX7 определяется по ГОСТ 14254-2015².

Датчик должен сохранять работоспособность после воздействия температуры окружающей среды 150 ± 5 °C не менее 500 ч, температуры окружающей среды минус 50 ± 3 °C не менее 96 ч, синусоидальной вибрации в трех взаимно перпендикулярных направлениях по отношению к изделию в течение 8 ч в диапазоне от 25 до 1000 Гц с ускорением $98,1$ м/с², механических ударов полусинусоидальной формы в трех взаимно перпендикулярных направлениях по отношению к изделию с ускорением $490 \pm 9,8$ м/с², при длительности удара 14 ± 2 мс, с количеством ударов по три для каждой оси. Также датчик должен оставаться работоспособным при циклическом изменении температуры от минус 50 ± 3 до 150 ± 5 °C. Длительность воздействия температуры 60 мин, время переноса – не более 10 мин, при 180 циклах, окружающая среда с относительной влажностью 93 ± 3 % при температуре 40 ± 3 °C и влажностью 83 ± 3 % при температуре 23 ± 3 °C – в течение 16 суток. Датчик должен сохранять работоспособность после воздействия топливно-смазочных материалов и моющих автомобильных средств, а именно: моторных масел, бензина, охлаждающей жидкости, автошампуня, а также после падения на бетонный пол с высоты 120 см из трех взаимно перпендикулярных направлений по отношению к изделию с количеством падений по три для каждой оси.

Датчик должен выдерживать воздействие соляного тумана (5 % – раствор NaCl) в течение 144 ч при температуре 35 °C, воздействие в нормальных климатических условиях (по ГОСТ 15150-69³) при

² ГОСТ 14254-2015. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP). (IEC 60529:2013, MOD). М., 2015.

напряжении питания $16,0 \pm 0,1$ В в течение 60 мин, при напряжении питания $5,50 \pm 0,01$ В обратной полярности в течение 30 мин, при замыкании вывода "Выходной сигнал" ("2") на вывод "+ $U_{пит}$ (+5,1 В)" ("3") и замыкания вывода "Выходной сигнал" ("2") на вывод "Общий" ("1") в течение 2 мин.

Датчик должен выдерживать воздействие электромагнитных помех в контрольных и сигнальных цепях в соответствии с ГОСТ 29157-91⁴, по функциональному состоянию А-С – по ГОСТ 28751-90⁵ и воздействие электростатического разряда – по ГОСТ Р 50607-93⁶.

Результаты и обсуждение

Разработанная методика проведения испытаний электромеханических датчиков при эксплуатации в жарких климатических условиях опиралась на ряд работ (*Prochowski et al., 2022; Sharipov et al., 2021*).

Все испытания, кроме особо оговоренных, проводятся при температуре окружающего воздуха 45 ± 5 °С, относительной влажности воздуха 65 ± 15 % и при напряжении питания $5,10 \pm 0,01$ В. Схемы подключения датчиков для проведения испытаний приведены на рис. 1.

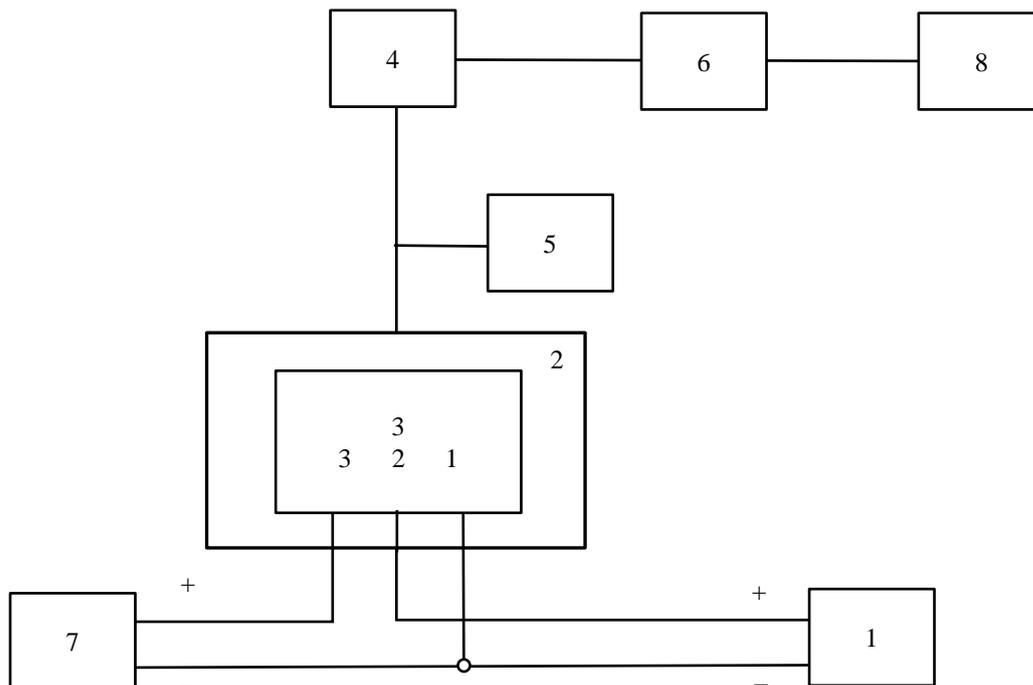


Рис. 1. Схема стенда контроля электрических параметров датчика:

1 – цифровой вольтметр; 2 – камера тепла и холода; 3 – испытуемый датчик; 4 – ресивер; 5 – средство измерения абсолютного давления; 6 – автоматический задатчик давления; 7 – источник напряжения постоянного тока; 8 – пневматический насос

Fig. 1. Scheme of the stand for monitoring the electrical parameters of the sensor:

1 – digital voltmeter; 2 – chamber of heat and cold; 3 – tested sensor; 4 – receiver; 5 – means for measuring absolute pressure; 6 – automatic pressure switch; 7 – DC voltage source; 8 – pneumatic pump

Для проведения испытаний необходимо установить требования к метрологическим характеристикам средств измерения и оборудования, поэтому такие характеристики должны быть не хуже данных, указанных в табл. 3.

Перед началом испытаний необходимо проверить соответствие каждого образца технической документации, отсутствие дефектов корпуса, коррозии и шелушения покрытия выводов, также проверяются входные и выходные параметры на соответствие номинальным параметрам. Проверка массы проводится

³ ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. М., 2010.

⁴ ГОСТ 29157-91. Электрооборудование автомобилей. Помехи в контрольных и сигнальных бортовых цепях. Требования и методы испытаний. М., 2004.

⁵ ГОСТ 28751-90. Электромагнитная совместимость. Кондуктивные помехи по цепям питания. Требования и методы испытаний. М., 2004.

⁶ ГОСТ Р 50607-93. Электрооборудование автомобилей. Помехи от электростатических разрядов. Требования и методы испытаний. М., 1994.

методом взвешивания на весах с погрешностью не более ± 5 г. Абсолютное давление в диапазоне от 15 до 102 кПа контролируют посредством измерения с пределом допускаемой основной абсолютной погрешности не более 0,2 кПа.

Измеряемая среда – воздух или другой газ. Плюсовой провод питания подводят к выводу "3", общий провод питания – к выводу "1", выходное напряжение снимается с вывода "2". После этого определяется величина утечки полости датчика, которую проводят следующим образом: датчик подключают через штуцер к объему 77 см³. Схема испытаний приведена на рис. 1. Датчик считается выдержавшим испытание, если величина изменения давления в полости датчика не превысила 1,7 кПа за 30 с при давлении 25 кПа.

Таблица 3. Метрологические характеристики средств измерения и параметры оборудования, применяемого для испытания датчика

Table 3. Metrological characteristics of measuring instruments and parameters of the equipment used to test the sensor

Тип оборудования и средства измерения	Диапазон и предел погрешности	Примечания
Вольтметр универсальный цифровой тип В7-40/5 или аналогичный	0–20 В, $\pm 0,1$	
Источник напряжения постоянного тока тип Б5-43А или аналогичный	0–16 В, ток не менее 200 мА, погрешность задания напряжения $\pm 0,2$ %	Пульсации выходного напряжения не более 10 мВ
Камера тепла	до 125 ± 3 °С	
Камера холода	до минус 40 ± 3 °С	
Пневмонасос	5–120 кПа	
Датчик давления, тип Р-10	0–1,15 кПа	
Секундомер	0–600 с, ± 10 с	

Контроль выходного напряжения датчика проводят при температуре 45 ± 5 °С на стенде, структурная схема которого соответствует рис. 1. Измеряются $U_{\text{вых}}$ датчика при контрольных значениях абсолютного давления. Датчик считается выдержавшим испытания, если значения $U_{\text{вых}}$ соответствуют номинальным параметрам. Контроль изменения выходного напряжения, вызванного изменениями температуры окружающей среды, проводят при давлении и температуре в соответствии с табл. 1, 2 на стенде. Далее датчик выдерживают при температурах $-40, 0, +10, +85, +125$ °С не менее 60 мин. Датчик должен находиться в рабочем состоянии (при поданном напряжении питания). Измеряются $U_{\text{вых}}$ датчика при каждом значении заданной температуры, не вынимая изделия из камеры, при контрольных значениях абсолютного давления. Датчик считается выдержавшим испытания, если его электрические параметры удовлетворяют номинальным требованиям.

Испытания на теплостойкость и холодостойкость проводят при давлении и температуре в соответствии с табл. 1, 2 на стенде следующим образом: прогрев и выдержку датчика производят в камере тепла при температуре 150 ± 5 °С в течение 500 ч; охлаждение и выдержка датчика – в камере холода при температуре минус 50 ± 3 °С в течение 96 ч. При этом датчик находится в нерабочем состоянии (напряжение питания не подано). После измеряются $U_{\text{вых}}$ датчика не менее чем через 1 ч после извлечения из камеры при контрольных значениях абсолютного давления после каждого вида испытаний.

Контроль защиты датчика от перенапряжения проводят при напряжении питания $16,0 \pm 0,1$ В. Выдерживается датчик при данном напряжении не менее 60 мин, после чего проверяются электрические параметры.

Испытание на вибропрочность проводится по методу 103-1.1 ГОСТ 20.57.406-81⁷ при нижеследующих режимах испытаний: амплитуда перемещения 1,0 мм в диапазоне частот 25–50 Гц; амплитуда ускорения $98,1 \text{ м/с}^2 \pm 20$ % в диапазоне частот 50–500 Гц; продолжительность – 8 ч по каждому из трех взаимно перпендикулярных направлений по отношению к изделию. После испытания проводят контроль внешнего вида на соответствие требованиям и проверяют электрические параметры. Датчик считается выдержавшим испытания, если не произошло разрушения корпуса, электрические параметры соответствуют требованиям, а внешний вид удовлетворяет установленным требованиям.

Испытание на ударопрочность проводится по методу 104-1 ГОСТ 20.57.406-81⁸. Продолжительность – по 3 удара в трех взаимно перпендикулярных направлениях по отношению к изделию. Длительность удара

⁷ ГОСТ 20.57.406-81. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний. М., 2005.

⁸ Там же.

менее 14 ± 2 мс. Амплитуда ускорения – 490 м/с^2 . Испытание проводят методом свободного падения датчика с высоты 120 см на бетонный пол. Испытание проводится три раза, по каждому из трех взаимно перпендикулярных направлений по отношению к изделию. Осмотр внешнего вида датчика и проверку электрических параметров проводят после каждого вида испытаний. Если не произошло разрушения корпуса и электрические параметры соответствуют требованиям, то датчик считается выдержавшим испытания.

Испытания на воздействие циклического изменения температуры проводятся следующим образом: датчик помещается в камеру тепла с температурой 150 ± 5 °С, выдерживается не менее 60 мин, переносится в камеру холода с температурой минус 40 ± 3 °С, также выдерживается не менее 60 мин, повторяется этот цикл 180 раз. Время переноса из камеры тепла в камеру холода не превышает 10 мин. После испытаний датчик выдерживается в нормальных условиях не менее 1 ч, затем проверяются электрические параметры.

Испытание на влагоустойчивость проводится следующим образом: датчик с присоединенным разъемом и заглушенным штуцером подвода давления выдерживается при температуре 40 ± 2 °С и относительной влажности 93 ± 3 % в течение 12 ч, затем при температуре 23 ± 2 °С и относительной влажности 83 ± 3 % в течение такого же времени, повторяется этот цикл 16 раз. После испытаний, не более чем через 15 мин, проверяются электрические параметры датчика.

Испытание на воздействие соляного тумана проводится в течение 144 ч по методу 215-3 ГОСТ 20.57.406-81⁹ с сочлененным ответным разъемом и заглушенным штуцером подвода давления. После испытаний датчик выдерживается в нормальных условиях не менее 1 ч, далее проверяются его электрические параметры и признаки коррозии основного материала.

Контроль защиты датчика от замыкания выводов между собой производится последовательным замыканием на 2 мин выводов "2" и "3", затем выводов "2" и "1". Выдерживается датчик в исходном состоянии не менее 10 мин и затем проверяются электрические параметры. Для контроля защиты датчика от напряжения обратной полярности подается напряжение питания $5,50 \pm 0,01$ В обратной полярности на выводы "1" и "3" в течение 30 мин, после положение датчика возвращается в исходное состояние, выдерживается не менее 10 мин и проверяются электрические параметры. Испытание степени защиты IPX7 датчика проводится по ГОСТ 14254-2015¹⁰ с сочлененным ответным разъемом и заглушенным штуцером подвода давления.

При контроле работоспособности датчика после воздействия повышенного давления он должен находиться в нерабочем состоянии (напряжение питания не подано). В измерительной полости датчика создают давление 500 ± 50 кПа не менее 1 мин, затем создается давление $10 \pm 1,0$ кПа, после чего проводится проверка параметров.

Для определения постоянной времени датчик подключается к вакуумному насосу и запоминающему осциллографу согласно схемы (рис. 2). Откачивается давление менее 15 кПа и при резком срыве шланга со штуцера измеряется время нарастания сигнала с уровня 10 % до уровня 90 % от выходного сигнала датчика при атмосферном давлении. Если величина времени нарастания выходного сигнала не превышает 5 мс, датчик считается выдержавшим испытание.

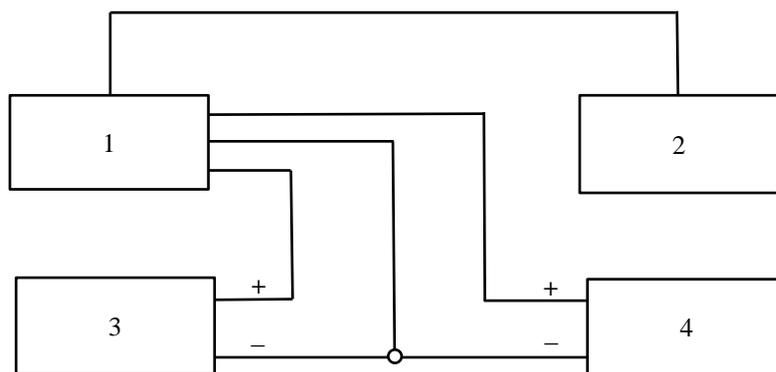


Рис. 2. Схема стенда для измерения времени срабатывания датчика:

1 – испытываемый датчик; 2 – пневматический насос; 3 – источник постоянного тока;
4 – запоминающий осциллограф

Fig. 2. Scheme of the stand for measuring the response time of the sensor:

1 – test sensor; 2 – pneumatic pump; 3 – DC source; 4 – storage oscilloscope

⁹ ГОСТ 20.57.406-81. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний. М., 2005.

¹⁰ ГОСТ 14254-2015. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP). (IEC 60529:2013, MOD). М., 2015.

Испытания на стойкость к агрессивным средам проводятся следующим образом: датчик с заглушенным разъемом и штуцером разряжения опускают в испытательную жидкость на 10 с, затем помещается в герметичную емкость (эксикатор) и выдерживается при температуре 80 ± 3 °С в течение 24 ч. Для случая газового топлива измерительная полость датчика наполняется через штуцер газом, помещается в герметичную емкость (эксикатор) и выдерживается в течение 24 ч при температуре 80 ± 3 °С. Испытания повторяются 4 раза. Испытания проводятся со следующими материалами: моторное масло М10ГИ; бензин АИ-93 неэтилированный; охлаждающая жидкость – тосол АМ (А40М); автошампуни; тормозная жидкость. После окончания испытания датчик протирается насухо. Проверяются его электрические параметры, металлические выводы разъема на признаки коррозии и размягчения материала корпуса.

Испытание на надежность проводят методом ускоренных стендовых испытаний. Схема испытательного стенда приведена в рис. 3.

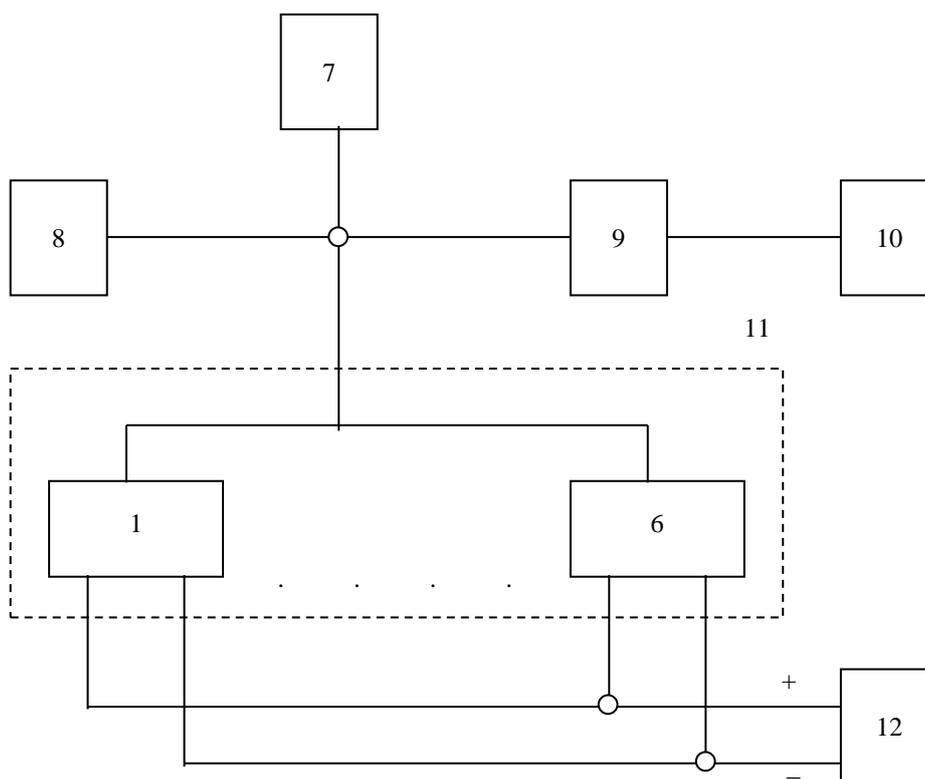


Рис. 3. Схема стенда ускоренных испытаний на наработку до отказа:

1–6 – испытуемые датчики; 7 – средство измерения абсолютного давления; 8 – пневматический насос; 9 – блок клапанов; 10 – устройство управления клапанами; 11 – камера тепла; 12 – источник питания

Fig. 3. Scheme of the stand for accelerated tests for time to failure:

1–6 – tested sensors; 7 – means of measuring absolute pressure; 8 – pneumatic pump; 9 – valve block; 10 – valve control device; 11 – heat chamber; 12 – power supply

Испытания проводятся, когда датчик помещается в камеру тепла с температурой 125 ± 3 °С и к нему подключается напряжение питания $5,10 \pm 0,01$ В. Коэффициент ускоренных испытаний $K_{\text{ун}}$ рассчитывается согласно РД 11 0755-90¹¹. Ускоряющий фактор – температура. Приняв $E_a = 0,8$ В, получим $K_{\text{ун}} = 42,43$ и время испытаний 120 ч.

$$K_{\text{ун}} = \exp \frac{E_a}{K} \left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_y} \right), \quad (3)$$

где E_a – энергия активации, эВ; K – 8,6 эВ/К; T_o – температура в нормальном режиме, К; T_y – температура в форсированном режиме, К.

В течение всего времени испытаний абсолютное давление на входе датчика изменяют от атмосферного до 10 кПа. Количество циклов не менее 15 000. После испытаний проверяют электрические параметры.

¹¹ РД 11 0755-90. Микросхемы интегральные. Методы ускоренных испытаний на безотказность и долговечность. М., 1990.

Испытания на воздействие электромагнитных помех в контрольных и сигнальных цепях проводятся в соответствии с ГОСТ 29157-91¹². Датчик считается годным, если его параметры при воздействии испытательных импульсов удовлетворяют установленным требованиям. Допускается проводить испытания при подаче в штуцер датчика атмосферного давления, в этом случае датчик считается годным, если его параметры при воздействии испытательных импульсов удовлетворяют требованиям.

Испытания на воздействие электростатического разряда проводятся в соответствии с ГОСТ Р 50607-93¹³. Датчик считается годным, если его параметры при воздействии испытательных импульсов удовлетворяют требованиям. Допускается проводить испытания при подаче в штуцер датчика атмосферного давления, в этом случае датчик считается годным, если его параметры при воздействии испытательных импульсов удовлетворяют установленным требованиям.

Заключение

В результате проведенных исследований сделан вывод, что для соответствия жарким климатическим условиям эксплуатации необходимо проводить испытание датчиков, используемых в электронных системах управления двигателями автомобиля, а также в других системах, при температуре окружающего воздуха 45 ± 5 °С, кроме особо оговоренных температурных режимах испытаний.

Разработаны технические требования для датчиков, используемых на автомобилях, которые эксплуатируются в жарких климатических условиях.

Также разработаны методики проведения испытаний, обеспечивающие надежность электромеханических датчиков автомобилей, работающих в регионах с жарким климатом.

Вероятность безотказной работы датчиков в дорожно-климатических режимах и условиях Центральной Азии после проведения испытаний обеспечивается на уровне 0,96 в течение 5 000 ч работы двигателя, что соответствует пробегу автомобиля не более 250 000 км.

Благодарности

Работа выполнена в рамках темы НИР № 0017-2021 "Разработка научно-методологических основ проведения испытаний автомобилей для адаптации к жарко-климатическим условиям эксплуатации". Автор благодарит доктора технических наук, профессора К. А. Шарипова за проведение консультаций по разработке методик испытаний, инженерно-технических работников и руководство компании АО "УзАвтоМоторс" – за проявленную заинтересованность в настоящих исследованиях и за помощь при проведении испытаний согласно требований НИР № 0017-2021.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Каюмов Б. А. Экспериментальные исследования показателей безотказности инжекционной системы питания бензиновых двигателей в дорожно-климатических условиях Центральной Азии // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. 2016. Т. 9, № 1. С. 86–104. DOI: <https://doi.org/10.17516/1999-494X-2016-9-1-86-104>. EDN: TLBXUX.
- Каюмов Б. А., Вохобов Р. А. Внесение изменений в конструкцию автомобилей по результатам испытаний // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5, № 11. С. 249–254. DOI: <https://doi.org/10.33619/2414-2948/48/28>. EDN: YUMVQR.
- Каюмов Б., Собиров Б., Мойдинов Д. Надежность топливоподающей системы двигателей в жарких условиях. LAP Lambert Academic Publishing, 2018. 112 с.
- Ташпулатов М. М. Обеспечение работоспособности топливоподающей аппаратуры дизеля / под ред. О. В. Лебедева. Ташкент : Фан, 1990. 128 с.
- Kayumov B. Use of spline functions in determining reliability indicators of vehicles in hot climate conditions // The scientific heritage. 2021. Vol. 1, Iss. 80. P. 30–33. DOI: <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-80-1-30-33>. EDN: AXCGTJ.
- Kshirsagar P. R., Manoharan H., Al-Turjman F., Maheshwari K. K. Design and testing of automated smoke monitoring sensors in vehicles // IEEE Sensors Journal. 2022. Vol. 22, Iss. 18. P. 17497–17504. DOI: <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.3044604>.
- Prochowski L., Sz wajkowski P., Ziubiński M. Research scenarios of autonomous vehicles, the sensors and measurement systems used in experiments // Sensors. 2022. Vol. 22, Iss. 17. Article number: 6586. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22176586>.

¹² ГОСТ 29157-91. Электрооборудование автомобилей. Помехи в контрольных и сигнальных бортовых цепях. Требования и методы испытаний. М., 2004.

¹³ ГОСТ Р 50607-93. Электрооборудование автомобилей. Помехи от электростатических разрядов. Требования и методы испытаний. М., 1994.

- Sharipov K. A., Jumaev N. H., Eshov M. P., Aziz A. [et al.]. Compressive sparse binary signals reconstruction algorithm using simulated annealing // The 5th Intern. Conf. on Future Networks & Distributed Systems (ICFNDS 2021), Dubai, United Arab Emirates, 15–16 December 2021. New York : Association for Computing Machinery, 2022. P. 485–490. DOI: <https://doi.org/10.1145/3508072.3508170>.
- Vargas J., Alsweiss S., Toker O., Razdan R. [et al.]. An overview of autonomous vehicles sensors and their vulnerability to weather conditions // Sensors. 2021. Vol. 21, Iss. 16. Article number: 5397. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21165397>.

References

- Kayumov, B. A. 2016. Experimental study of reliability indicators injection feeding system of gasoline engines in road and climatic conditions of Central Asia. *Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies*, 9(1), pp. 86–104. DOI: <https://doi.org/10.17516/1999-494X-2016-9-1-86-104>. EDN: TLBXUX. (In Russ.)
- Kayumov, B. A., Vokhobov, R. A. 2019. Amendmens to the design of cars based on test results. *Bulletin of Science and Practice*, 5(11), pp. 249–254. DOI: <https://doi.org/10.33619/2414-2948/48/28>. EDN: YUMVQR. (In Russ.)
- Kayumov, B. A., Sobirov, B., Moidinov, D. 2018. Reliability of the fuel supply system of engines in hot conditions. LAP Lambert Academic Publishing. (In Russ.)
- Tashpulatov, M. M. 1990. Ensuring the operability of diesel fuel supply equipment. Tashkent. (In Russ.)
- Kayumov, B. 2021. Use of spline functions in determining reliability indicators of vehicles in hot climate conditions. *The Scientific Heritage*, 1(80), pp. 30–33. DOI: <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-80-1-30-33>. EDN: AXCGTJ.
- Kshirsagar, P. R., Manoharan, H., Al-Turjman, F., Maheshwari, K. K. 2022. Design and testing of automated smoke monitoring sensors in vehicles. *IEEE Sensors Journal*, 22(18), pp. 17497–17504. DOI: <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.3044604>.
- Prochowski, L., Szwajkowski, P., Ziubiński, M. 2022. Research scenarios of autonomous vehicles, the sensors and measurement systems used in experiments. *Sensors*, 22(17). Article number: 6586. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22176586>.
- Sharipov, K. A., Jumaev, N. H., Eshov, M. P., Aziz, A. et al. 2021. Compressive sparse binary signals reconstruction algorithm using simulated annealing. *Proceedings of the 5th Intern. Conf. on Future Networks & Distributed Systems (ICFNDS 2021)*, Dubai, United Arab Emirates, 15–16 December 2021. New York : Association for Computing Machinery, pp. 485–490. DOI: <https://doi.org/10.1145/3508072.3508170>.
- Vargas, J., Alsweiss, S., Toker, O., Razdan, R. et al. 2021. An overview of autonomous vehicles sensors and their vulnerability to weather conditions. *Sensors*, 21(16). Article number: 5397. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21165397>.

Сведения об авторе

Каюмов Бахром Абдуллажонович – пр. Бабура, 56, г. Андижан, Республика Узбекистан, 170119;
Андижанский машиностроительный институт, д-р философии по техническим наукам, доцент;
e-mail: kayumov.bahrom74@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8810-2663>

Bakhrom A. Kayumov – 56 Babur Ave., Andijan, Republic of Uzbekistan, 170119;
Andijan Machine-Building Institute, PhD (Engineering), Associate Professor;
e-mail: kayumov.bahrom74@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8810-2663>